



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **02209784 A**(43) Date of publication of application: **21.08.90**

(51) Int. Cl.

H01S 3/18**G02B 5/18****H01S 3/085****H01S 3/1055**(21) Application number: **01030547**(22) Date of filing: **09.02.89**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **HORI YOSHIKAZU
SOGAWA FUMIHIRO**(54) **EXTERNAL RESONATOR TYPE
SEMICONDUCTOR LASER AND WAVELENGTH
MULTIPLE OPTICAL TRANSMITTER**

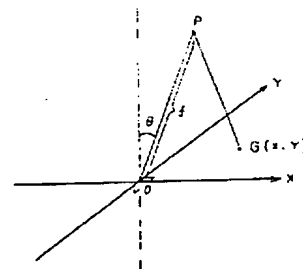
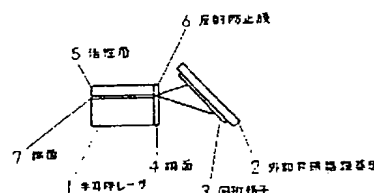
(57) Abstract:

PURPOSE: To modulate at a high speed and to reduce an aberration due to an astigmatism of a laser by so forming a reflection type optical diffraction grating for composing an external resonator mirror as to have a structure in which a bent and a period are continuously varied, and representing the shapes of the gratings by part of circular or elliptical quadratic curve group.

CONSTITUTION: A divergent light radiated from one end face 4 of a semiconductor laser arrives at a diffraction grating 3, only a light having specific wavelength selected according to a light dispersing effect upon optical diffraction of the grating is reflected in a direction of a semiconductor laser, condensed to one end face 4 of the laser, and optically fed back to an active layer 5 of the laser. When the shape of the grating is so set as to be radiated from the end face P of the active layer, arrived at one point G of the grating and reflected to align the phases of the light returned again P, the grating operates as an external resonator mirror. That is, when a G (X, Y) is considered as an equi-phase point of the grating, the shape of the grating is given by a formula $2PG = m\lambda + (\text{constant})$. When

the constant at an origin is zero, the shape of the grating is represented by $x^2 + (y - f \sin \theta)^2 = (m\lambda/2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2$.

COPYRIGHT: (C)1990, JPO&Japio



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-209784

⑤ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)8月21日

H 01 S 3/18
G 02 B 5/18
H 01 S 3/085
3/1055

7377-5F
7348-2H

7630-5F
7630-5F

H 01 S 3/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全7頁)

⑭ 発明の名称 外部共振器型半導体レーザ及び波長多重光伝送装置

⑮ 特 願 平1-30547

⑯ 出 願 平1(1989)2月9日

⑰ 発 明 者 堀 義 和 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑱ 発 明 者 十 川 文 博 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑲ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
⑳ 代 理 人 弁理士 栗野 重孝 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

外部共振器型半導体レーザ及び波長多重光伝送装置

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体レーザと半導体レーザ活性層の片方の端面から放射する発散性の放射光のうちの特定の波長の光だけを前記活性層の片端面に直接集光して光帰還を行なう波長分散性及び光集光性の機能を有し、かつ平面基板上に形成された反射型の光回折素子で構成された外部共振器鏡を含んで形成され、前記外部共振器鏡を構成している反射型の光回折素子が、曲がりと周期の連続的に変化する構造を有する回折格子により形成され、かつ各格子の形状が円もしくは楕円の2次曲線群の一部で表わされることを特徴とする外部共振器型半導体レーザ。

(2) 回折格子の各格子の形状が次式で表わされる円群の一部であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の外部共振器型半導体レーザ。

$$x^2 + (y - f \sin \theta)^2 =$$

$$(m \lambda / 2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2$$

ここで x , y は光回折素子の形成される平面基板上の直交座標であり、 f は活性層端面と前記座標系の原点との設定距離、 θ は前記活性層端面と前記原点を結ぶ軸と回折格子の形成された平面基板の y 軸とのなす角、 λ は半導体レーザの設定発振波長、 m は整数である。

(3) 回折格子の各格子の形状が次式で表わされる楕円群の一部であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の外部共振器型半導体レーザ。

$$x^2 / \{ (m \lambda / 2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2 \}$$

$$+ \{ y - (\Delta f + f) \sin \theta \}^2 / [\{ m \lambda / 2$$

$$+ (\Delta f + f) \}^2 - \{ (\Delta f + f) \cos \theta \}^2] = 1$$

ここで x , y は光回折素子の形成される平面基板上の直交座標であり、 f は活性層端面と前記座標系の原点との設定距離、 θ は前記活性層端面と前記原点を結ぶ軸と回折格子の形成された平面基板の y 軸とのなす角、 λ は半導体レーザの設定発振波長、 m は整数である。また Δf は非点距離で

あり、前記活性層端面から前記座標系のx方向に広がるレーザ光の発散中心点と前記活性層端面から前記座標系のy方向に広がるレーザ光の発散中心点との距離を示す。

(4) 半導体レーザ活性層の片端面から放射する発散性の放射光のうちの特定の波長の光が、前記外部共振器により活性層片端面に集光して光帰還される際、前記特定の波長に対して、半導体レーザ自体の共振器により発振し得る隣接した縦モードの発振波長の光が前記活性層の外部に集光されることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の外部共振器型半導体レーザ。

(5) 外部共振器鏡を構成する回折格子が、電子計算機制御の電子ビーム露光法により形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の外部共振器型半導体レーザ。

(6) 半導体レーザにおいて、光が放射されかつ外部共振器鏡により光が集光される片端面に反射防止膜が形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の外部共振器型半導体レーザ。

本発明は半導体レーザ光と光ファイバを用いて情報、信号を伝送するいわゆる光通信分野に係わるものであり、特により多くの信号を同時に伝送する一方式である波長多重光伝送を実現するための、波長安定化半導体レーザと、それを用いた波長多重伝送装置に関するものである。

従来の技術

大容量の波長多重光伝送装置を実現するために、電流変動時においてもまた周辺温度が変化しても、安定に単一波長で単一縦モード発振し、しかもそのスペクトル幅が狭く、かつ発振波長が制御可能な半導体レーザが要求されている。以上の様な性能を有する半導体レーザ光源として、外部共振器型の半導体レーザが有力視されている。(朝倉他、昭和82年度電子情報通信学会全国大会 898)

第5図に従来の外部共振器型半導体レーザの概略を示す。51は1.3 μ m帯のファブリーペロー型半導体レーザ、52はコリメーションレンズ、53は半導体レーザの放射光の光軸に対して傾斜して配置された外部共振器鏡基板であり、その基

特開平2-209784(2)

(7) 複数の半導体レーザ、及びそれぞれの半導体レーザの片端面から放射された光のうち、異なる特定の波長の光を前記それぞれ半導体レーザの片端面に直接帰還する集光性及び波長分散性の外部共振器の設置された複数の外部共振器型レーザを用いた波長多重光伝送装置

(8) 複数の半導体レーザが同一の半導体基板にアレー状に形成されており、かつそれぞれの半導体レーザに異なる波長の光を直接光帰還するための外部共振器鏡を形成する回折格子が同一基板上に形成されていることを特徴とする特許請求の範囲第7項記載の波長多重光伝送装置。

(9) 複数の半導体レーザの活性層端面と、複数の外部共振器鏡との設定距離、及び半導体レーザの光軸と外部共振器鏡とのなす角が一定であり、かつ光帰還される特定の波長が、それぞれ異なることを特徴とする特許請求の範囲第8項記載の波長多重光伝送装置。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

板の表面には反射型の回折格子54が形成されている。半導体レーザの片端面54から放射された光は、コリメーションレンズ52により平行ビームに変換され、回折格子53に達する。この回折格子の光回折現象に伴う光分散効果により波長選択された特定の波長の光のみが半導体レーザの方向に反射され、再度コリメーションレンズ52を逆方向に通過し半導体レーザの片端面54に集光され半導体レーザの活性層55に光帰還される。ここで波長選択される特定の波長は基板の傾斜角で決定され、特定の波長以外の波長の光は異なる方向に分散して回折され活性層に光帰還されることはない。また活性層の片端面には反射防止膜56が形成されており、片端面54ともう一方の端面57で形成される半導体レーザ自体のファブリーペロー共振器による発振は抑圧されている。

この外部共振器型半導体レーザの外部共振器鏡に用いられる回折格子は、基板上に塗布されたフォトリソストを二光束干渉法で露光する事により形成される。そしてこの回折格子の形状は平行状で

ある。

この外部共振器型半導体レーザーは安定な単一縦モード発振を示し、また前記の外部共振器鏡基板の光軸に対する傾斜角を変化させることにより発振波長を連続的に変化させることが可能である。

発明が解決しようとする課題

ところが、従来の外部共振器型半導体レーザーにおいては半導体レーザーと回折格子の形成された外部共振器鏡の間にコリメーションレンズを配置する必要があるために、次のような課題が残されていた。

(1) 半導体レーザーと外部共振器間の距離として約1cm要するので、素子サイズの小型化に限界。

(2) 半導体レーザー、コリメーションレンズ、及び外部共振器の光軸の調整が困難

(3) 半導体レーザーと外部共振器間の光の走行時間が(1)に記した理由で長く、その結果高速変調限界が1GHz程度であり、それ以上の高速変調が困難。

(4) レンズの収差や半導体レーザーの非点隔差に

(2) 回折格子の各格子の形状が次式で表わされる円群の一部である外部共振器型半導体レーザーを提供する。

$$x^2 + (y - f \sin \theta)^2 = (m \lambda / 2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2$$

ここで、 x 、 y は光回折格子の形成される平面基板上の直交座標であり、 f は活性層端面と前記座標系の原点との設定距離、 θ は前記活性層端面と前記原点を結ぶ軸と回折格子の形成された平面基板の y 軸とのなす角、 λ は半導体レーザーの設定発振波長、 m は整数である。

また、本発明は、

(3) (1)において、回折格子の各格子の形状が次式で表わされる楕円群の一部であることを特徴とする。

$$x^2 / \{ (m \lambda / 2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2 \} + \{ y - (\Delta f + f) \sin \theta \}^2 / [\{ m \lambda / 2 + (\Delta f + f) \}^2 - \{ (\Delta f + f) \cos \theta \}^2] = 1$$

ここで x と y は光回折格子の形成される平面基板上の直交座標であり、 f は活性層端面と前記座標

特開平2-209784(3)

伴う収差により、発振モードの安定化に限界。

本発明は以上に示したような従来の外部共振器型の半導体レーザーの課題を克服し、小型で高速変調を可能とし、かつ半導体レーザーの非点隔差による収差を低減させ、極めて高性能な外部共振器型半導体レーザーを提供するものである。

課題を解決するための手段

本発明は、

(1) 半導体レーザーと半導体レーザー活性層の片方の端面から放射する発散性の放射光のうちの特定の波長の光だけを前記活性層の片端面に直接集光して光帰還を行なう機能を有し、かつ平面基板上に形成された反射型の光回折格子で構成された外部共振器鏡を含んで形成された外部共振器型半導体レーザーであって、外部共振器鏡を構成している反射型の光回折格子が、曲がりと周期の連続的に変化する構造を有する回折格子でなり、かつ各格子の形状が円もしくは楕円の2次曲線群の一部で表わされるものである。

さらに本発明は、

系の原点との設定距離、 θ は前記活性層端面と前記原点を結ぶ軸と回折格子の形成された平面基板の y 軸とのなす角、 λ は半導体レーザーの設定発振波長、 m は整数である。また Δf は非点隔差であり、前記活性層端面から前記座標系の x 方向に広がるレーザー光の発散中心点と前記活性層端面から前記座標系の y 方向に広がるレーザー光の発散中心点との距離を示す。

また、本発明は

(4) (1)において、半導体レーザー活性層の片端面から放射する発散性の放射光のうちの特定の波長の光が、前記外部共振器により活性層片端面に集光して光帰還される際、前記特定の波長に対して、半導体レーザー自体の共振器により発振し得る隣接した発振波長の光が前記活性層の外部に集光される。

また、

(5) (1)において、外部共振器鏡を構成する回折格子が、電子計算機制御の電子ビーム露光法により形成されている。

また、

(8)(1)において、半導体レーザにおいて、光が放射されかつ外部共振器鏡により光が集光される片端面に無反射膜が形成されている。

さらに、本発明は、

(7)複数の半導体レーザ、及びそれぞれの半導体レーザの片端面に、異なる特定の波長の光を直接帰還する集光性及び波長分散性の外部共振器の設置された複数の外部共振器型レーザを用いた波長多重光伝送装置を提供するので、

また、

(8)(7)において、複数の半導体レーザが同一の半導体基板にアレイ状に形成されており、かつそれぞれの半導体レーザに異なる波長の光を直接光帰還するための外部共振器を形成する回折格子が同一基板上に形成されている。

また、

(9)(8)において、複数の半導体レーザの活性層端面と、複数の外部共振器鏡との設定距離、及び半導体レーザ基板と外部共振器鏡とのなす角

α、ファブリーペロー型半導体レーザ、2は半導体レーザの光軸に対して傾斜して配置された外部共振器鏡基板であり、その基板の表面の一部には反射型の回折格子3が形成されている。半導体レーザの片端面4から放射された発散性の光は、回折格子3に達し、この回折格子の光回折現象に伴う光分散効果により波長選択された特定の波長の光のみが半導体レーザの方向に反射され、半導体レーザの片端面4に集光され半導体レーザの活性層5に光帰還される。ここで波長選択される特定の波長は回折格子の形状及び基板の傾斜角で決定され、特定の波長以外の波長の光は異なる方向に分散して集光され活性層に光帰還されることはない。また活性層の片端面には反射防止膜6が形成されており、片端面4ともう一方の端面7で形成される半導体レーザ自体のファブリーペロー共振器による発振は抑圧されている。

また、半導体レーザ1自体のファブリーペローモードにより発振し得る隣接した副モードの波長の光は活性層5の上部もしくは下部約2μmの

が一定であり、かつ光帰還される特定の波長が、それぞれ異なる波長多重光伝送装置を提供するものである。

作用

本発明は、半導体レーザ活性層の端面から放射する発散性の放射光のうちの特定の波長の光だけを、曲がりと周期の連続的に変化する構造を有する反射型の回折格子を用いて、回折光の反射角を連続的に変化させることにより集光性の光ビームに変換し、前記活性層の端面に反射光を直接集光して半導体レーザに光帰還を行なうことが可能となることを応用するものである。また半導体レーザと外部共振器鏡の間にレンズが介在しないので、素子の小型化と光帰還の光路中に収差が発生することが防げられ、その結果高性能な外部共振器型半導体レーザが実現されるものである。

実施例

本発明の外部共振器型の半導体レーザの概略図を第1図に示す。第1図に本発明の外部共振器型半導体レーザの概略を示す。1は1.3μm帯のフ

位置に集光されるように設計されている。

第2図を用いて、本発明に用いた外部共振器鏡の設計原理を示す。回折素子の形成される平面基板上にx、yの直交座標系を仮定し、光の発散点及び集光点となる活性層端面Pが前記座標の原点から垂直方向に対しy軸方向にθの角をなす線上に存在し、しかも原点からfの距離に設定されていると仮定する。Pから放射され回折格子の一点Gに到達し、反射されて再度Pに戻る光の位相が揃うように回折格子の形状が設定されているとき、この回折格子は外部共振器鏡としてはたらくことになる。即ち点G(X, Y)を回折格子の等位相点と考えると、回折格子の形状は次式で与えられる。

$$2PG = m\lambda + (\text{定数}) \quad (\text{第一式})$$

ここで、PGは点Pと点Gの距離、λは半導体レーザの設定発振波長、mは整数である。

原点における前記定数を零と定めると、回折格子の形状をx、y座標で示すと

次式で表される。

$$x^2 + (y - f \sin \theta)^2 =$$

$$(m\lambda/2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2 \quad (\text{第2式})$$

従って回折格子の形状は点(0, f sin θ)を中心とする半径が

$$\sqrt{(m\lambda/2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2}$$

のmの関数となる円群である。

また半導体レーザの放射ビームに非点隔壁Δfが存在するときには、同様に前記座標の原点から垂直方向に対しy軸方向にθの角をなす線上にx方向に対する発散点P1とy方向に対する発散点P2を仮定し、原点からそれぞれf及びf+Δfの距離に設定されていると仮定すると、同様に回折格子の形状は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} x^2 / \{ (m\lambda/2 + f)^2 - (f \cos \theta)^2 \} \\ + y - (\Delta f + f) \sin \theta)^2 / [\{ m\lambda/2 \\ + (\Delta f + f) \}^2 - \{ (\Delta f + f) \cos \theta \}^2] = 1 \end{aligned} \quad (\text{第3式})$$

第3図に、本発明の実施例に用いた外部共振器鏡の概略を示す。第3図(A)は外部共振器鏡の断面の概略を示す。基板2として用いたSi基板31

構成した結果、約1.3 μmの波長で単一縦モード発振が実現できた。また発振波長は半導体レーザ基板と外部共振器鏡とのなす角を変化させることにより1.3 μmを中心に約0.02 μmの波長範囲において連続的に制御することが可能であった。また副モード抑圧比は30 dB以上であった。さらに正弦波の交流電流で変調をおこなったところ、半導体レーザ光出力は10 GHz以上の変調周波数にも十分追従することが確認できた。

以上の実施例に於いては、外部共振器鏡を形成する回折格子の形状が円群の一部である場合をしめしたが、使用する半導体レーザが例えばゲインガイド型の半導体レーザであり非点隔壁が存在する場合には外部共振器鏡を形成する回折格子の形状を楕円第3式で表される円群の一部で構成することにより、同様に安定な単一縦モード発振する外部共振器型半導体レーザを構成することが可能である。これはじゅうらいのはんどうたいれーぞではコリメーションレンズ以外に更にシリンドリカルレンズを挿入するか、もしくは両方の機能を

の上に形成された約0.6 μmの電子線レジスト32に、前記の第2式で表される曲線状に電子ビームを照射し、その後現像液に浸すことにより前記電子ビームの照射された部分を除去し凹凸構造が形成されている。その凹凸構造の電子線レジストの表面にAuの薄膜33を形成し、高い反射率の回折格子が形成されている。第3図(B)は電子ビームで形成された回折格子34の形状の概略を示す。回折格子34の形成されている領域の大きさは0.1×0.1 cm²である。回折格子の凹部の形状は第2式で表され、設定パラメータとしてf=2 mm、θ=48.2°、λ=1.3 μmとした。

回折格子34において、各グレーティングを構成している曲線は第2式で示される円群の一部であり、第3図に示すようにその半径の間隔が、徐々に変化していることから、既に述べた様に曲がりとチャージングの構成を有するグレーティングである。

上記の様に形成した回折格子を外部共振器鏡として第1図に示した外部共振器型半導体レーザを

有する高精度な非球面レンズを用いなければ解決できなかった課題であり、それが本発明では容易に実現できるものである。

以上が発散光を収束光に変換する機能を有する反射型の回折格子を外部共振器鏡として用いた外部共振器型の半導体レーザを示したが、第4図にこの外部共振器型半導体レーザを用いた波長多重光伝送装置の光源の概略構成図を示す。

41a~hは、同一のInP半導体基板にアレー状に形成された1.3 μm帯の複数の半導体レーザであり、42は外部共振器鏡基板であり、それぞれの半導体レーザに異なる波長の光を直接光帰還するための複数の回折格子43a~hが形成されている。それぞれの回折格子の形状は、前記複数の半導体レーザ41a~hの活性層端面44a~hと、複数の外部共振器鏡43a~hとの設定距離、及び半導体レーザ基板と外部共振器鏡とのなす角θが一定であり、かつ光帰還される特定の波長がそれぞれ10 Åずつ異なる様に設計され前記の実施例と同様に電子ビーム露光装置を用いて作製した。その他の

設定パラメータは同様に $f = 2 \text{ mm}$, $\theta = 48.2^\circ$ である。半導体レーザのそれぞれの活性層端面4 a~h を結ぶ直線と、それに対応させるそれぞれの外部共振器鏡4 3 a~h の座標原点を結ぶ直線が平行でかつ2 mm隔てて配置し、また外部共振器鏡基板を半導体レーザの光軸に対して角度約 θ 傾斜させることにより、安定な10波長の波長多重光伝送装置の光源を実現することが可能であった。各隣接した半導体レーザ間の発振波長間隔は約10 Åであり、また発振波長は外部共振器鏡基板の半導体レーザの光軸に対する傾斜角を変化させることにより全体的にシフトさせ制御することが可能であった。

以上の実施例に於いては、半導体レーザとして1.3 μm 帯のものを使用した。必ずしもこれに限らずガリウム砒素基板を用いた0.8 μm 帯、もしくは0.6 μm 帯の半導体レーザを用いても全く同様の効果が得られることは自明である。

発明の効果

以上のように本発明は従来の外部共振器型の半

導体レーザの欠点、即ち

(1) 半導体レーザと外部共振器間の距離が長く、素子サイズの小型化に限界。

(2) 半導体レーザ、コリメーションレンズ、及び外部共振器の光軸の調整が困難

(3) 半導体レーザと外部共振器間の光の走行時間が長く高速変調限界が困難。

(4) レンズや半導体レーザの非点隔壁に伴う収差により、発振モードが不安定。

といった問題を克服し、小型で高速変調の可能な波長安定化半導体レーザ、及び波長多重光伝送システムを実現するものであり、大きな価値を有するものである。

4. 図面の簡単な説明

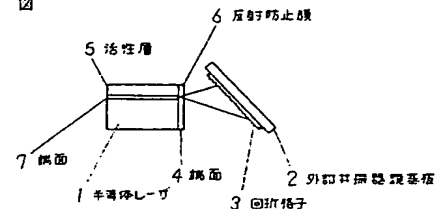
第1図は本発明の外部共振器型半導体レーザの概略図、第2図は本発明に用いた外部共振器鏡を構成する回折素子の原理及び形状を説明する図、第3図(A)、(B)は本発明の実施例に用いた外部共振器鏡の概略断面図、平面図、第4図は外部共振器型半導体レーザを用いた波長多重光伝送

装置の光源の概略構成図、第5図は従来の外部共振器型半導体レーザの概略を示す図である。

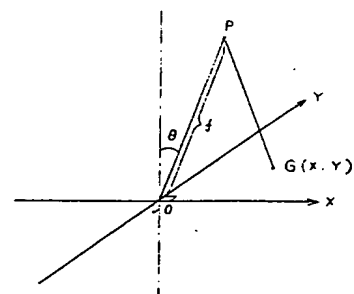
1・・・半導体レーザ、2(31)・・・基板、3(34)・・・回折格子。

代理人の氏名 弁理士 栗野重孝 はか1名

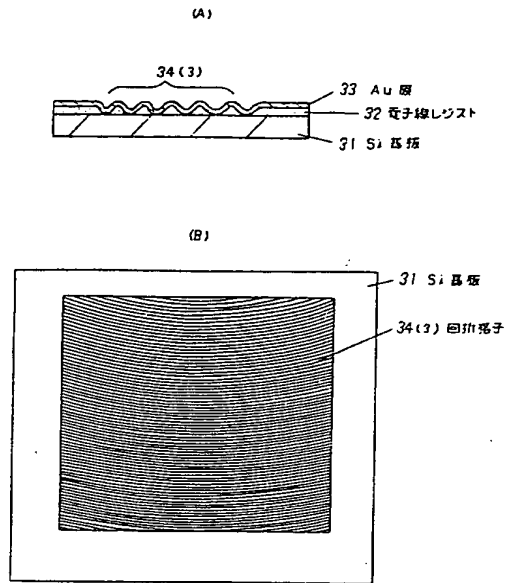
第1図



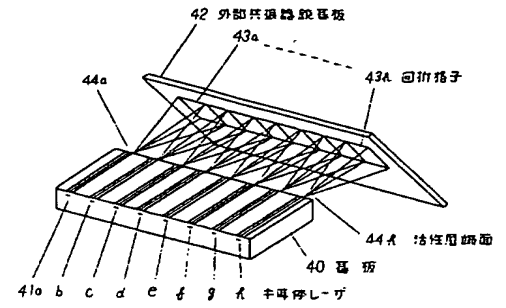
第2図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

